Cortocircuito

Parámetros de Cálculo (CC)

Los parámetros de cálculo se entran con la ayuda de un diálogo Parámetros. Esta caja de diálogo consta de cuatro pestañas, a saber, Parámetro, Nodos bajo Falla, Líneas bajo Falla y Falla Especial, las cuales se explican a continuación.

Parámetro

Tipo de Falla	Tipo de falla en los nodos bajo falla. Las fallas posibles son: - Falla trifásica - Falla monofásica a tierra - Falla entre dos fases - Falla entre dos fases a tierra - Falla especial - Falla en todas las fases existentes Cuando se selecciona la opción *Falla Especial*, el programa calcula el tipo de falla predefinido por el usuario. El usuario puede definir un tipo de falla arbitrario en la pestaña *Falla Especial* del diálogo Parámetros del Cortocircuito.
Método de Cálculo	Se dispone de los siguientes métodos de cálculo: **IEC60909 2001** Cálculo de Ik" según IEC 60909. **IEC909 1988** Cálculo de Ik" según IEC 909. **Superposición Sin Flujo de Carga** Cálculo según el método de superposición sin los voltajes de pre-falla del Flujo de Carga. Los EMF son 1.1*Vn. **Superposición Con Flujo de Carga** Cálculo según el método de superposición con los voltajes de pre-falla del Flujo de Carga. Se realiza un cálculo de Flujo de Carga antes de hacer el cálculo de Cortocircuito. **ANSI C37.10** Realiza el cálculo según la norma ANSI/IEEE C37.010-1979. **ANSI C37.13** Se realiza el cálculo según la norma ANSI/IEEE C37.013-1997. Esta norma calcula la corriente del generador de acuer-

	do a las fórmulas que se presentan más adelante. **IEC61363-1** Cálculo de corriente Ik" de acuerdo a la norma IEC 61363-1; “procedimientos para el cálculo de corrientes de corto circuito en instalaciones eléctricas trifásicas AC de barcos y unidades móviles y fijas.” **IEC61660-1** Cálculo de corriente Ik" acorde a la norma IEC 61660-1; “Corriente de corto circuito en instalaciones auxiliares DC en plantas de generación y subestaciones.”
Cálculo de Ik" máx	Indica si se debe calcular la corriente de cortocircuito Ik" máxima (si se marca) o mínima (si no se marca). Lo mismo aplica para el cálculo de la corriente de estado estable.
Red Asimétrica	Si se marca, todos los elementos asimétricos se toman en cuenta en los cálculos, como líneas asimétricas, transformadores asimétricos, paralelos asimétricos, etc.
Flujo de carga previo al cálculo de cortocircuito.	Este parámetro siempre debe estar activo cuando se calcule según el método de superposición con Flujo de Carga. Hay casos en los que no se desea el Flujo de Carga antes de realizar los cálculos de cortocircuito.
Distancia de falla	La distancia de falla es la distancia de un nodo cualquiera desde un nodo bajo falla para el cual se deberán desplegar o grabar los resultados. Un valor de "0" significa que los resultados se desplegarán o guardarán solamente para nodos bajo falla. Para el cálculo de Ik’’ de acuerdo a la norma IEC61363 e IEC61660, la distancia de falla siempre será cero.

Cálculos de Acuerdo a la Norma IEC909

Selección automática del factor c	Si se marca, el programa toma el factor c de acuerdo a la norma IEC. De lo contrario, el mismo usuario debe definir el factor c (ver más adelante).
Tolerancia reducida en sistemas de baja tensión.	Si se marca, se hará uso de un factor de voltaje c de 1.05 en lugar de 1.1, para los sistemas de baja tensión. Esta opción sólo se debe activar si la tolerancia del voltaje del sistema de baja tensión no es mayor que +6% (sólo para IEC60909 - 2001).
R/X en punto de falla para cálculo de ip de rama	Si se marca, se utilizará la misma relación R/X en el cálculo de la corriente pico de cortocircuito ip en el punto falla y en el cálculo de las corrientes pico de cortocircuito en las ramas. Si no se marca, las corrientes de cortocircuito pico en las ramas se calcularán con la relación R/X de las ramas, y la corriente ip en el punto de falla se calculará con su propia relación R/X.

Duración de la falla en s, para el cálculo de la corriente térmica	Duración del cortocircuito en segundos para el cálculo de la corriente de cortocircuito térmica Ith.
Duración de la falla en s, para el cálculo de la corriente DC, iDC	Duración del cortocircuito en segundos para el cálculo de la componente DC de la corriente de cortocircuito, iDC, y de la corriente de interrupción asimétrica, Iasi. Este valor debe ser igual al tiempo del interruptor cuando se hace el cálculo de la corriente asimétrica de falla.
Temporización del Int. en s para el cálculo de la corriente de interrupción Ib	Mínima temporización tmín del interruptor, en segundos. tmín es el menor tiempo entre el inicio del cortocircuito y el primer momento de la separación de los contactos de uno de los polos del interruptor. El cálculo es basado solamente en la componente de secuencia positiva. Las opciones posibles según la norma IEC, son: 0.02, 0.05, 0.10, 0.25 s y mayores. Si se entra un valor intermedio, se realizará una interpolación lineal. tmín sólo es necesario para el cálculo de la corriente de interrupción Ib.

Cálculos de Acuerdo a la Norma ANSI

Número de ciclos para el cálculo de la corriente DC, IDC	Cuando se realizan cálculos de Cortocircuito según la norma ANSI/IEEE, se debe entrar el número de ciclos para el cálculo de la componente DC de la corriente de cortocircuito. Los valores típicos son: 3, 4, 5, 8.
Número de ciclos para el cálculo de la corriente de interrupción Ib	Cuando se realizan cálculos de cortocircuito según la norma ANSI/IEEE, se debe entrar el tiempo de interrupción de los interruptores de alto voltaje. La corriente de interrupción Ib se calcula para este instante de interrupción. Los valores típicos son: 3, 4, 5, 8.
E de operación	Mayor voltaje de operación en los puntos de falla, en pu, con respecto al voltaje nominal del sistema. Este valor sólo es útil para los cálculos según la norma ANSI/IEEE.

Cálculo de Acuerdo a las Normas IEC61363 e IEC 61660

Corrientes en tiempo	Tiempo en segundos en el cual se debe calcular la corriente de corto circuito.
Condición de Precarga	Las condiciones de precarga son tomadas desde: - Valores nominales de motores y generadores, - cálculos previos de flujo de carga, ó - son despreciadas

	Este parámetro no se emplea con la norma IEC61660.
Despreciar decaimiento de corriente de CC	Activando este parámetro se puede despreciar el decaimiento de la corriente de corto circuito. Los calculos se efectuaran solamente con las reactancias subtransitorias de los elementos activos. Este parámetro no se emplea con la norma IEC61660.

Resonancia de Falla a Tierra y Redes Aisladas

Cálculo de la impedancia de secuencia cero simplificada	Al activar esta casilla se puede calcular la impedancia de secuencia cero simplificada para tener en cuenta la Resonancia de Falla a Tierra o Redes Aisladas (ver la sección “Teoría del cálculo de corto circuito”).
Vn de resonancia de falla a tierra o redes aisladas	Voltaje nominal en kV de Resonancia de falla a tierra o Redes aisladas.

Reducir Suiches, Interruptores y Acoples

Reducir	Si se marca, los suiches, interruptores y acoples se reducen. El cálculo será más rápido, pero no se presentarán resultados para estos elementos. Si no se marca, estos elementos se representarán, para los cálculos, por medio de las impedancias indicadas en las ventanas de entrada de datos.

Archivo de Resultados

…	Se puede seleccionar el archivo de resultados y su ubicación.
Crear después de los cálculos	Si se marca, el archivo de resultados se creará después de los cálculos.
Formato 4.x	El formato del archivo de resultados de la versión 5 es diferente al de la versión 4. Si se marca, este archivo se grabará en el formato de la versión 4.x.

Referencia para cargabilidad de elementos	Límite permitido para los esfuerzos de cortocircuito de barras y elementos en %. Durante los cálculos de CC se evalúan los TCs/TPs, los equipos de protección y los suiches.

Nodos bajo Falla

El usuario puede definir fallas en cualquiera de los nodos de la red. En esta pestaña, los nodos donde se simulará un cortocircuito se pueden seleccionar a partir de una lista de todos los nodos existentes. El tipo de falla se debe seleccionar en la pestaña *Parámetros*.

Dependiendo de la norma de cortocircuito seleccionada, se deben entrar datos adicionales para la localización de la falla:

IEC909:

Entrada del tipo de red para el cálculo de Ik" (ver también “Teoría del Cálculo de Cortocircuito”).

El “Tipo de Red” para el cálculo de Ik" se puede modificar en la lista de los nodos bajo falla seleccionados. Para cada nodo bajo falla se realizará un cálculo de cortocircuito. Por esta razón se debe definir el tipo de red para cada nodo bajo falla.

Los siguientes tipos de red se encuentran disponibles:

Automática	El programa determina el tipo de red automáticamente.
Enmallada	El programa calcula la corriente de cortocircuito Ik" en una red enmallada.
No enmallada	El programa calcula la corriente de cortocircuito Ik" en una red no enmallada.
Equipamiento	En este campo de entrada se define el equipamiento para cálculo de Arco Eléctrico (Arc Flash). Este campo de entrada esta disponible si “Arco Eléctrico” esta definido.

Para el cálculo de cortocircuito en una red con una sola fuente de alimentación se debe seleccionar la entrada "Automática".

ANSI/IEEE

Entrada del tiempo de interrupción en ciclos, de los interruptores asociados al punto de falla. Este valor se utiliza para calcular factores característicos del interruptor para el cálculo de Cortocircuito. El tiempo de interrupción se toma de los datos de entrada del interruptor del nodo bajo falla. Si no existen interruptores físicamente en el nodo bajo falla, el tiempo de interrupción se puede ingresar o modificar en este punto.

El número de ciclos, así como el tipo de Cortocircuito, se pueden modificar en la lista de nodos seleccionados. Se pueden entrar los siguientes ciclos y tipos de Cortocircuito:

Cortocircuito

Automático:	El programa determina el tipo de cortocircuito: Falla cercana o lejana a los generadores.
Generador cercano:	El programa calcula la corriente de interrupción teniendo en cuenta que cerca al punto de falla hay un generador. El factor multiplicador se toma de las figuras 8 y 9 de la norma

	ANSI/IEEE C37.010-1979.
Generador lejano:	El programa calcula la corriente de interrupción teniendo en cuenta que hay un generador lejano al punto de falla. El factor multiplicador se toma de la figura 10 de la norma ANSI/IEEE C37.010-1979.
Ciclos	Número de ciclos. Valores posibles: 2, 3, 5, 8
equipamiento	En este campo de entrada se define el equipamiento para cálculo de Arco Eléctrico (Arc Flash). Este campo de entrada esta disponible si “Arco Eléctrico” esta definido.

Líneas bajo Falla

El usuario puede definir fallas en cualquiera de las líneas de la red. En esta pestaña, la línea bajo falla se puede seleccionar a partir de una lista de todas las líneas existentes. El tipo de falla se debe seleccionar en la pestaña *Parámetros*.

De la misma manera que se describió en *Nodos bajo falla*, para cada línea bajo falla se debe entrar el tipo de red y el número de ciclos para el cálculo de cortocircuito según la norma ANSI/IEEE. Adicionalmente se debe indicar la distancia en porcentaje (%) desde el nodo "Desde Nodo" (nodo de inicio de la línea). A esta distancia de falla se crea internamente un nodo ficticio. La longitud completa de la línea corresponde al 100%, pero este valor no se puede entrar, pues este nodo corresponde al "Hasta Nodo". Lo mismo es válido para la distancia 0%.

Comentario:

Si una línea se encuentra bajo falla, los nodos de inicio y final no podrán estar bajo falla. En el diagrama unifilar, los resultados de una línea bajo falla se adjuntan al nodo de inicio o al nodo final dependiendo de la distancia de la falla. El listado de salida de las líneas bajo falla es similar al de los nodos bajo falla.

Falla Especial

La pestaña "Falla Especial" en la caja de diálogo Parámetros de Cortocircuito permite la entrada de tipos especiales de falla. La definición de falla especial está basada en la siguiente idea: Dado un máximo de 3 nodos bajo falla (nodo 1, nodo 2, nodo 3) cada uno con sus 3 fases L1, L2, L3 (3 x 3 fases). Un nodo adicional e independiente es el nodo de tierra (nodo 0). El usuario puede conectar las fases arbitrarias a través de una impedancia (Rf, Xf), la cual también puede ser cero. También es posible conectar un polo a tierra. Más adelante se presentan varios ejemplos.

Descripción de la Falla

Insertar	Con este botón se puede insertar la definición de una nueva falla

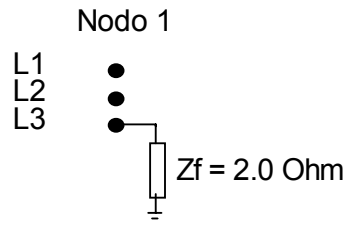
	en la tabla. Se puede entrar un número arbitrario de conexiones.
Eliminar	Con este botón se puede borrar una falla definida previamente.
Exportar a Librería	Las fallas definidas en la tabla se pueden exportar a una librería.
Tipo de falla	Nombre arbitrario del tipo de falla. Las fallas definidas se pueden importar desde una librería, presionando el botón "…".
Descripción de la falla	Descripción del tipo de falla.
	Datos de Entrada de la Tabla
Desde Nodo	Nodo de inicio de la conexión. Los valores posibles son: "1", "2", "3".
Desde Fase	Fase del nodo de inicio de la conexión. Los valores posibles son: "L1", "L2", "L3".
Hasta Nodo	Nodo final de la conexión. Los valores posibles son: "0", "1", "2", "3". "0" significa tierra.
Hasta Fase	Fase del nodo final de la conexión. Los valores posibles son: "L1", "L2", "L3".
Rf	Parte real de la impedancia de conexión entre las fases, en Ohm.
Xf	Parte imaginaria de la impedancia de conexión entre las fases, en Ohm.

Asignación de los Nodos Bajo Falla a los Nodos de la Red

Nodo 1	Nodo de la red que corresponde al nodo bajo falla 1 de la "Descripción de la Falla". Al presionar "…" se listan todos los nodos de la red.
Nodo 2	Nodo de la red que corresponde al nodo bajo falla 2 de la "Descripción de la falla". Al presionar "…" se listan todos los nodos de la red.
Nodo 3	Nodo de la red que corresponde al nodo bajo falla 3 de la "Descripción de la falla". Al presionar "…" se listan todos los nodos de la red.

Ejemplos de Tipos de Fallas Especiales con su Definición:

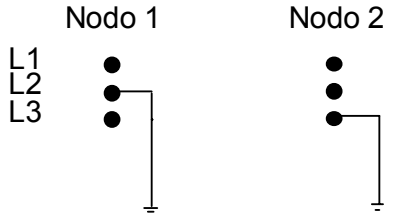
Falla Tipo A: *Falla monofásica a tierra (fase L3) en el nodo 1 con impedancia Zf*



Definición de la falla en NEPLAN:

Desde Nodo	Desde Fase	Hasta Nodo	Hasta Fase	Rf Ohm	Xf Ohm
1	L3	0		2.0	0.0

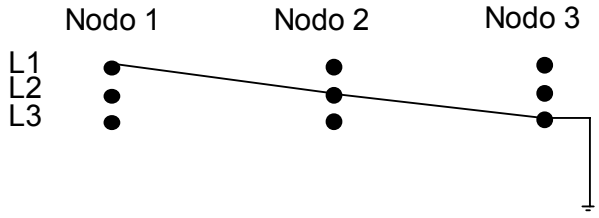
Falla Tipo B: *Doble falla a tierra en el nodo 1 (fase L2) y el nodo 2 (fase L3)*



Definición de la falla en NEPLAN:

Desde Nodo	Desde Fase	Hasta Nodo	Hasta Fase	Rf Ohm	Xf Ohm
1	L2	0		0.0	0.0
2	L3	0		0.0	0.0

Falla Tipo C: *Falla monofásica entre todos los tres nodos. Los nodos pueden ser de diferentes redes y/o de diferentes niveles de voltaje.*



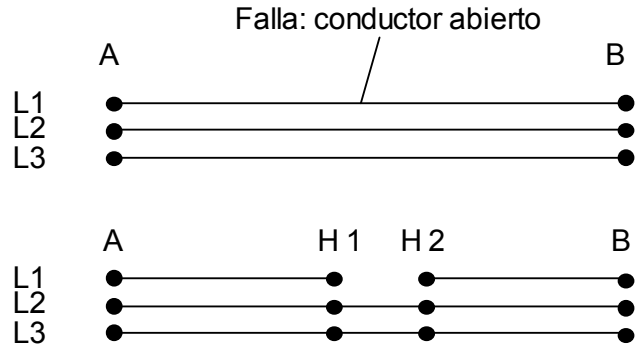
Definición de la falla en NEPLAN:

Desde Nodo	Desde Fase	Hasta Nodo	Hasta Fase	Rf Ohm	Xf Ohm
1	L1	2	L2	0.0	0.0
2	L2	3	L3	0.0	0.0
3	L3	0		0.0	0.0

Comentario 1:

Si se desea calcular una falla longitudinal (falla de línea en serie con conductor abierto, por ejemplo, la fase L1), se deberá proceder como se indica a continuación:

1) Desconectar la línea (A a B) en el punto de localización de la falla insertando dos nuevos nodos (H1 H2).



2.) Correr un Flujo de Carga incluyendo la línea original.

3.) Ejecutar un cálculo de Cortocircuito utilizando el método de superposición con Flujo de Carga. El parámetro de cálculo “Flujo de Carga previo al Cálculo de Cortocircuito” se debe desactivar. La definición de la falla será la siguiente:

Desde Nodo	Desde Fase	Hasta Nodo	Hasta Fase	Rf Ohm	Xf Ohm
1	L2	2	L2	0.0	0.0
1	L3	2	L3	0.0	0.0

El nodo bajo falla 1 corresponde al nodo de red H1; el nodo bajo falla 2 corresponde al nodo de red H2.

Cuando se calcula una falla especial en una línea se debe insertar un nuevo nodo.

Comentario 2*:*

Se aconseja seleccionar el método de superposición para el cálculo de fallas especiales. En este caso, los voltajes de falla son correctos.

Resultados (CC)

Después de realizados los cálculos, los resultados se presentan automáticamente en el diagrama unifilar. Para cada nodo y elemento hay una caja de resultados. La posición de esta caja está predefinida por el programa. El usuario puede cambiar su posición haciendo click en la misma y arrastrando el ratón. La nueva posición se guardará. Posteriormente se presentan las abreviaciones utilizadas.

Mostrar Resultados

Corrientes de falla	Presenta los resultados del Cortocircuito en nodos y ramas, a la distancia de falla definida.
Corrientes en ubicación de falla	Presenta los resultados de cortocircuito en el punto de falla.
Voltaje de nodo	Presenta los voltajes en los nodos bajo falla.
Elementos sobrecargados	Elementos con barrajes, corta circuitos, etc. los cuales tienen valores nominales se enlistan con las corrientes de corto circuito
Tiempo de disparo de relé	Se listan todos los tiempos de disparo de los relés.
Resultados de Arco Eléctrico	Se muestran los datos de Arco Eléctrico.
Archivos de resultados	Es posible exportar o importar los resultados a o desde un archivo, seleccionando el archivo y presionando el botón respectivo. Estos archivos de resultados se pueden leer y evaluar mediante programas externos tales como Excel. El archivo se puede crear en el antiguo formato 4.x o en el nuevo formato V5.x.
Unidades	Unidades para la lista de salida tipo tabla. Se dispone de las siguientes unidades: V, kV, A, kA, kVA, MVA.
Selección de resultados	Aquí se pueden seleccionar los valores o cantidades que se van a presentar en las tablas de resultados.

A continuación se presenta una descripción de las variables de salida que se pueden mostrar en las tablas de resultados:

Corrientes de Falla y Corrientes en el Punto de Falla:

ID	Número de identificación (ID) del nodo bajo falla, o del elemento

	para el cual se presenta la corriente de falla.
Ubicación de la Falla Desde Nodo	Nodo/elemento en el punto de localización de la falla o "Desde-Nodo" del elemento para el cual se dan los datos de la falla.
Hasta Nodo	"Hasta Nodo" del elemento para el cual se dan los datos de la falla.
Distancia de falla	Distancia desde el punto de localización de la falla al elemento para el cual se presentan los datos de falla.
Nombre del elemento	Nombre del elemento para el cual se presentan los datos de falla.
Tipo	Tipo de elemento.
Vn	Voltaje nominal del sistema para los nodos.
VL-E (RST)	Voltaje de falla (línea a tierra), en el sistema de fases.
Ang V (RST)	Ángulo del voltaje de falla, en el sistema de fases.
Ik" (RST)	Corriente inicial de cortocircuito, en el sistema de fases.
Ang Ik" (RST)	Ángulo de Ik", en el sistema de fases.
Ik" (012)	Corriente inicial de cortocircuito en las componentes simétricas del sistema.
Ang Ik" (012)	Ángulo de Ik" en las componentes simétricas del sistema.
ip:	Corriente pico Ip en magnitud (kA), en el sistema de fases. No disponible cuando se realizan cálculos según la norma ANSI/IEEE.
Ib:	Corriente de interrupción o corriente ib según norma ANSI, x ciclos, (kA), en el sistema de fases.
Ik:	Corriente de estado estable o corriente Ik según norma ANSI, 30 ciclos, (kA), en el sistema de fases.
Ith:	Corriente de cortocircuito térmico Ith en (kA), en el sistema de fases. No disponible cuando se realizan los cálculos según la norma ANSI/IEEE.
iDC:	Componente D.C. de la corriente de cortocircuito en (kA), en el sistema de fases.
Iasi:	Corriente de interrupción asimétrica o corriente asimétrica de 0.5 ciclos según norma ANSI en (kA), en el sistema de fases.
Sk":	Potencia de cortocircuito Sk", en el sistema de fases. No disponible cuando se realizan los cálculos según la norma ANSI/IEEE.
E/Z	Corriente simétrica según ANSI/IEEE sin considerar los decrementos de AC y DC. No disponible cuando se realizan los cálculos de acuerdo a la norma IEC.

Zf:	Impedancia (en Ohmios) de la red en el nodo bajo falla, de secuencia positiva, negativa y cero. Secuencia de salida: secuencia cero, positiva y negativa. En caso de fallas simétricas sólo se presenta la impedancia de secuencia positiva.
Tipo de falla	Tipo de falla utilizada para el cálculo de Cortocircuito.
Método	Método (norma) de cálculo.
Corriente máxima	Indica el nodo o el elemento con la máxima corriente de un cálculo de falla.
Tipo de red	Tipo de red. Cálculos según IEC: - ALIM SIMP: CC con alimentación simple - ALIM MULT: CC con alimentación desde fuentes no enmalladas - ENMALLADA: CC en redes enmalladas Cálculos según ANSI: - GEN.CERC: Generador cercano al punto de falla - GEN.LEJA: Generador lejano al punto de falla
Temporización del INT	Temporización del interruptor en s, para el cálculo de la corriente de interrupción Ib.
Duración del CC para Ith	Duración del cortocircuito en s, para el cálculo de la corriente de cortocircuito térmica Ith.
Duración del CC para Idc	Duración del cortocircuito en s o en ciclos, para el cálculo de la componente DC (Idc) de la corriente de interrupción asimétrica, Iasi.
Descripción	Descripción del nodo o elemento.
Zona	Zona a la cual pertenece el elemento.
Área	Área a la cual pertenece el elemento.
Red Parcial	Red parcial a la cual pertenece el elemento.

Resultados Sólo en el Nodo Bajo Falla

Solamente se presentan las corrientes en los puntos de falla. Las descripciones de las variables de salida dependen de los resultados seleccionados y son similares a éstas en la tabla antedicha.

Presentación de los Resultados Orientados a Nodos

Los resultados se presentan orientados a los nodos. Los siguientes bloques se presentan para cada nodo bajo falla:

Bloque 1: Voltajes y Corrientes en el Nodo bajo Falla

ID	Ubicación de la Falla	Hasta Nodo	Distancia de Falla	Nombre del Elemento	Tipo	Vn	Resultados Voltajes/ Co-rrientes
1236	DOS	Bajo falla	0			65.00	……

Abreviaciones:

ID	Número de identificación (ID) del nodo bajo falla
Ubicación de la falla	Nombre del nodo bajo falla.
Hasta Nodo	“Bajo Falla”. Indica que los nodos están bajo falla.
Distancia	Distancia desde el nodo bajo falla: “0”.
Vn	Voltaje nominal del sistema del nodo bajo falla, en kV.
Resultados	Voltajes y corrientes de falla en los nodos bajo falla.

Bloque 2: Resultados en los Elementos Conectados al Nodo Bajo Falla

ID	Desde Nodo	Hasta Nodo	Distancia de Falla	Nombre del Elemento	Tipo	Vn	Resultados Corrientes
1374	DOS	UNO		TRA1-2	2W Tra		……
1300	DOS	TRES		LIN2-3	Línea		……

Abreviaciones:

ID	Número de identificación (ID) del elemento conectado al nodo bajo falla.
Desde Nodo	Nombre del “Desde Nodo” (nodo bajo falla).
Hasta Nodo	Nombre del “Hasta Nodo”.
Nombre del elemento	Nombre del elemento.
Tipo	Tipo de elemento, p.e. línea, transformador 2-dev, generador
Resultados	Corrientes que fluyen desde el “Desde Nodo” hasta el “Hasta Nodo” provocadas por la falla en el nodo indicado en el bloque 1.

Bloque 3: Voltajes en los Nodos, Conectados a Través de Elementos al Nodo Bajo Falla

ID	Desde Nodo	Hasta Nodo	Distancia de Falla	Nombre del Elemento	Tipo	Vn	Resultados Voltajes
1236	UNO		1			220.00	……

Abreviaciones:

ID	Número de identificación (ID) del nodo que se conecta a través de elementos al nodo bajo falla.
Desde Nodo	Nombre del nodo que se conecta a través de elementos al nodo bajo falla.
Distancia	Determina la distancia del nodo con respecto al nodo bajo falla.
Vn	Voltaje nominal del sistema, en kV, del nodo conectado al nodo bajo falla a través de elementos.

Bloque 4: Resultados en los Elementos Conectados al Nodo del Bloque 3

ID	Desde Nodo	Hasta Nodo	Distancia de Falla	Nombre del Elemento	Tipo	Vn	Resultados Corrientes
1374	UNO	DOS		TRA1-2	2-dev Tra		……
1400	UNO	SEIS		LIN1-6	Línea		

Abreviaciones:

ID	Número de identificación (ID) de los elementos que se conectan al nodo del bloque 3.
Desde Nodo	Nombre del “Desde Nodo”.
Hasta Nodo	Nombre del “Hasta Nodo”.
Nombre del elemento	Nombre del elemento.
Tipo	Tipo de elemento, p.e. línea, transformador 2-dev, generador
Resultados	Corrientes que fluyen desde el “Desde Nodo” hasta el “Hasta Nodo” provocadas por la falla en el nodo indicado en el bloque 1.

Los bloques 1 y 2 siempre se despliegan. Los bloques 3 y 4 dependen de la Distancia de Falla que se indique en los parámetros de cálculo.

Voltajes de Nodo:

ID	Número de identificación del nodo (ID) para el cual se indican los voltajes.
Nombre	Nombre del nodo.
Bajo falla	Indica el nodo bajo falla.
Vn	Voltaje nominal del nodo.
VL-E (RST)	Voltaje de falla (línea a tierra), en el sistema de fases.
Áng VL-E (RST)	Ángulo del voltaje de falla (línea a tierra), en el sistema de fases.
VL-L (RST)	Voltaje de falla (línea a línea), en el sistema de fases.
Áng V L-L (RST)	Ángulo del voltaje de falla (línea a línea), en el sistema de fases.
V (012)	Voltaje de falla (componentes simétricas del sistema).
Áng V (012)	Ángulo del voltaje de falla (componentes simétricas del sistema).
V0	Voltaje de pre-falla, puede depender del Flujo de Carga. Si el cálculo se realiza según la norma IEC o ANSI/IEEE, los voltajes de pre-falla son cero.
Áng V0	Ángulo del voltaje de pre-falla, puede depender del Flujo de Carga.
Tipo de falla	Tipo de falla utilizada para los cálculos de Cortocircuito.
Método	Método de cálculo (Norma).
Corriente máxima	Indica el nodo con la máxima corriente de un cálculo de falla.
Descripción	Descripción del nodo.
Zona	Zona a la cual pertenece el nodo.
Área	Área a la cual pertenece el nodo.
Red parcial	Red parcial a la cual pertenece el nodo.

Para fallas asimétricas se pueden presentar todos los resultados (fases L1, L2, L3); para fallas simétricas solamente se presentan los resultados de la fase L1.

Los voltajes fase – fase se calculan como se indica a continuación:

$$V_{L1,L2} = V_{L2} - V_{L1}$$
$$V_{L2,L3} = V_{L3} - V_{L2}$$
$$V_{L3,L1} = V_{L1} - V_{L3}$$

La secuencia de salida es: $V_{L1,L2}$, $V_{L2,L3}$ y $V_{L3,L1}$.

Cuando se realizan los cálculos de acuerdo a la norma ANSI/IEEE, solamente se presentan los voltajes de la red de 0.5 ciclo.

Teoría del Cálculo de Cortocircuito

El comportamiento de un sistema de potencia durante un cortocircuito se puede representar por medio de una red equivalente consistente de una fuente de voltaje de pre-falla V0k y la impedancia de la red Zkk_i, para las componentes de secuencia positiva, negativa y cero, en el nodo bajo falla. Los elementos que alimentan las fallas, tales como equivalentes de red, generadores y motores asincrónicos, se modelan mediante una impedancia Ze y su fuente de voltaje (EMF). Durante los cálculos, estos elementos se representan mediante fuentes equivalentes de corriente.

Al asumir una estructura y una alimentación simétricas del sistema de potencia, las componentes simétricas solamente se interconectan en el punto de falla. La interconexión se define por medio de las ecuaciones de falla, las cuales dependen del tipo de cortocircuito:

- Cortocircuito Trifásico:

$$Ik_1'' = \frac{V0_k}{Zk_1}$$

$$Ik_2'' = 0$$

$$Ik_0'' = 0$$

- Cortocircuito Monofásico a Tierra:

$$Ik_1'' = \frac{V0_k}{Zk_1 + Zk_2 + Zk_0}$$

$$Ik_2'' = Ik_1''$$

$$Ik_0'' = Ik_1''$$

- Cortocircuito Bifásico:

$$Ik_1'' = \frac{V0_k}{Zk_1 + Zk_2}$$

$$Ik_2'' = -Ik_1''$$

$$Ik_0'' = 0$$

- Cortocircuito Bifásico a Tierra:

$$Ik_1'' = \frac{V0_k \cdot \left(Zk_2 + Zk_0\right)}{Zk_1 \cdot \left(Zk_2 + Zk_0\right) + Zk_2 \cdot Zk_0}$$

$$Ik_2'' = -Ik_1'' \cdot \frac{Zk_0}{Zk_2 + Zk_0}$$

$$Ik_0'' = -Ik_1'' \cdot \frac{Zk_2}{Zk_2 + Zk_0}$$

donde:

V0k: Voltaje de operación o voltaje de pre-falla en el nodo bajo falla k.

Zkk$_i$: Impedancia de la red en el nodo bajo falla de secuencia positiva (i=1), negativa (i=2) y cero (i=0).

Ik$_i$": Corriente de cortocircuito inicial en el nodo bajo falla de secuencia positiva (i=1), negativa (i=2) y cero (i=0).

Dependiendo del método de cálculo, el voltaje de pre-falla V0k será

- calculado con la ayuda de fuentes de corriente y las corrientes de los elementos de alimentación Ie (método de Superposición).
- ajustado por definición (IEC909, ANSI/IEEE).

Las corrientes de los elementos de alimentación Ie, en el método de superposición, se calculan como Ie = FEM / Ze. Ze es la impedancia interna de los elementos de alimentación. Los voltajes de pre-falla V0 se pueden calcular a partir

de la ecuación de red $V = Y^{-1} * Ie$. El voltaje de pre-falla del nodo k es V0k. El voltaje interno (FEM) de los elementos que alimentan la falla es

- el voltaje nominal de los nodos del sistema como valor de ajuste (el parámetro "Método de Cálculo" debe estar en "Superposición sin FC") o
- calculado a partir de los resultados de Flujo de Carga. El cálculo se hará con la ayuda de los voltajes y potencias complejas en los nodos. El cálculo de Flujo de Carga se tuvo que haber realizado previamente, y el parámetro "Método de Cálculo" debe estar en "Superposición con FC".

El método IEC909 ajusta por definición los voltajes de pre-falla en los nodos bajo falla a $V0k=c \cdot Vn$, por lo cual las corrientes de alimentación, Ie, se ajustan en cero. El factor de voltaje c depende del voltaje nominal del sistema en el punto de localización de la falla y está definido por norma. El factor c puede ser ajustado automáticamente por el programa.

El método ANSI/IEEE ajusta por definición el voltaje de pre-falla en el nodo bajo falla a $V0_k = E_{oper}$, y las corrientes de alimentación, Ie, se ajustan en cero. El valor E_{oper} es un valor de entrada (ver “parámetros de cálculo de corto circuito”) y es el mayor voltaje de operación, en pu, en el nodo bajo falla. Para calcular la capacidad de interrupción de un interruptor, la corriente se debe multiplicar por un factor, el cual es función de la relación X/R en el punto de falla.

Las impedancias de red Zkk_1, Zkk_2 y Zkk_0 se pueden calcular a partir de las ecuaciones de red $V = Y^{-1} \bullet I$ del sistema de secuencia positiva, negativa y cero.

Dependiendo del método utilizado, la matriz Y toma diferentes valores:

- Según el método de Superposición, todos los elementos se toman en cuenta en los cálculos. Los modelos se describen en la sección Datos de Entrada de Elementos y descripción de los modelos.
- El método IEC recomienda despreciar todas las admitancias paralelo de secuencia positiva. Adicionalmente se corrigen las impedancias de los elementos de alimentación de las fallas (ver "Datos de Máquinas Sincrónicas", "Datos de Máquinas Asincrónicas", etc. en el capítulo "Modelos y Datos de Entrada de los Elementos").
- La norma ANSI/IEEE dice que se deben construir tres matrices-Y diferentes de secuencia positiva para poder calcular las corrientes Ik" (0.5 ciclos), Ia (x ciclos) e Ik (30 ciclos). Las impedancias de los generadores y motores se deben corregir para las tres matrices. En la sección 5.4.1 de la norma ANSI/IEEE C37.010-1979 se describen estos factores. Las cargas se desprecian. Las impedancias de secuencia negativa y cero no se corrigen. Para obtener la relación X/R se construyen por separado dos matrices de admitancia nodal (de secuencia positiva y cero) considerando sólamente la parte resistiva de la red.

Las corrientes típicas de cortocircuito son: la corriente pico, la corriente de interrupción, la corriente de estado estable y la corriente térmica. Las normas IEC y ANSI/IEEE indican el procedimiento para calcular estas corrientes a partir de la corriente de cortocircuito inicial.

Cálculo de la impedancia de secuencia cero simplificada

La impedancia de secuencia cero simplificada puede ser calculada para resonancia a tierra y redes aislada de la siguiente forma:

$$Z(0) = R_D + j\left(\omega \cdot L_D - \frac{1.0}{\omega \cdot C_E}\right) \quad \text{con}$$

$$R_D + j\omega \cdot L_D = \frac{3.0}{\sum 1/\left(R_{Di} + j\omega L_{Di}\right)} \quad ; \quad C_E = \sum C_{Ei}$$

R_{Di}: Resistencia de la bobina Peterson (En el caso de redes aisladas es cero)

L_{Di}: Inductancia de la bobina Peterson (En el caso de redes aisladas es cero)

C_{Ei}: Capacitancia de secuencia cero en todas las líneas en la red aislada o resonancia a tierra.

Comparación de los Métodos:

El método de Superposición es el método más preciso si se conocen los voltajes de pre-falla. Es difícil conocer los voltajes antes del cortocircuito, especialmente en la etapa de planeamiento, donde los resultados de Flujo de Carga sólo pueden ser aproximados. Más aún, es difícil hallar los resultados de Flujo de Carga que producen las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los diferentes puntos del sistema.

Este módulo suministra un método de superposición simplificado. Las fuentes internas de voltaje (FEM) se ajustan al 110% del voltaje nominal del sistema para los elementos que alimentan la falla. Por lo tanto, se asume una caída de voltaje del 10% entre el voltaje terminal y el voltaje interno para operación normal. Para el método de superposición exacto, se debe calcular un Flujo de Carga antes de realizar los cálculos de Cortocircuito.

Los métodos IEC y ANSI/IEEE son métodos simplificados que se pueden utilizar para calcular las corrientes de cortocircuito. Estos tienen la ventaja de que no se requieren conocer los voltajes de pre-falla para obtener resultados precisos. Las corrientes calculadas son conservadoras (están en el lado seguro). El cálculo se realiza de acuerdo a una norma internacional.

Es aconsejable calcular las corrientes de cortocircuito de acuerdo a la norma IEC o ANSI/IEEE, especialmente cuando se deben calcular corrientes pico, corrientes de interrupción y corrientes de estado estable. Para calcular los voltajes durante un cortocircuito (voltajes después de ocurrida la falla) se debe utilizar el método de Superposición.

Red Tipo IEC

Para los cálculos de acuerdo a la norma IEC, es importante el tipo fuente de alimentación del cortocircuito:

- Cortocircuito con Alimentación Simple:
  El cortocircuito es alimentado sólo por un equivalente de red, un generador o generadores idénticos operando en paralelo (ver fig. 9.1). La corriente en el punto de falla corresponde a la corriente del elemento que alimenta la falla.
- Cortocircuito Alimentado desde Fuentes No Enmalladas:
  El cortocircuito es alimentado en forma paralela por varios elementos activos (ver fig. 9.2). La corriente en el punto de falla se calcula como la suma de las corrientes parciales. Los valores de las corrientes parciales son independientes unos de otros.
- Cortocircuito Alimentado desde Fuentes No Enmalladas sobre una Impedancia Común:
- El cortocircuito es alimentado por varios elementos activos sobre una impedancia común (ver fig. 9.3). La corriente en el punto de falla se calcula como la superposición de las corrientes parciales (ver punto d).
- Cortocircuito en una Red Enmallada:
  El cortocircuito es alimentado por varios elementos activos en una red enmallada (ver fig. 9.4). La corriente en el punto de falla se calcula como la superposición de las corrientes parciales.

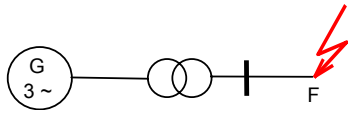


Fig. 9.1 Cortocircuito con Alimentación Simple

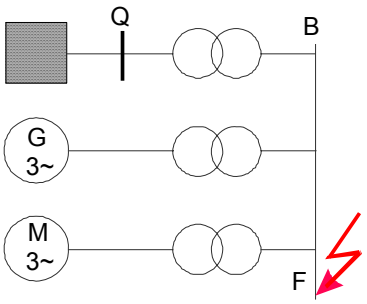


Fig. 9.2 Cortocircuito Alimentado desde Fuentes No Enmalladas

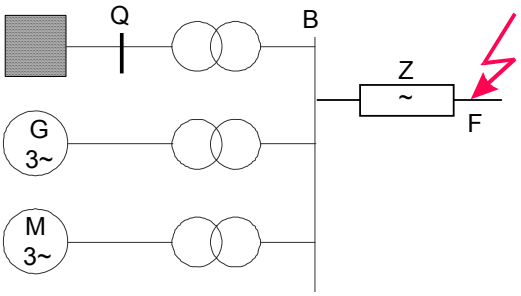


Fig. 9.3 Cortocircuito Alimentado desde Fuentes No Enmalladas sobre una Impedancia Común

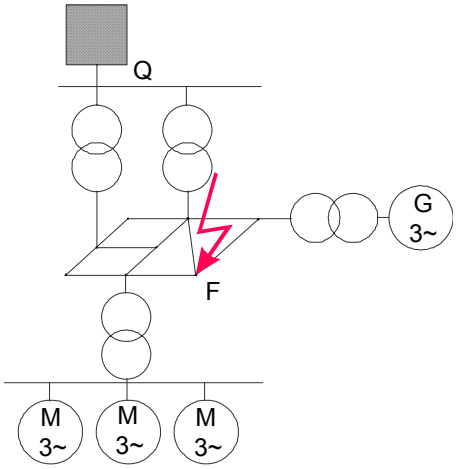


Fig. 9.4 Cortocircuito en una Red Enmallada

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito inicial Ik" y de la corriente pico Ip, los resultados son independientes del tipo de red.

Corriente de Cortocircuito Inicial Ik"

Esta corriente se puede calcular de acuerdo a la norma IEC o al método de superposición. Las corrientes de falla en las fases se calculan haciendo uso del método de componentes simétricas. Con el módulo de Cortocircuito, se pueden calcular las corrientes iniciales de cortocircuito mínima y máxima Ik"mín e Ik"máx. La selección se realiza en la caja de diálogo de los parámetros de cálculo, campo "Ik máxima" (ver “parámetros de cálculo”) El usuario obtiene la máxima corriente de cortocircuito inicial cuando el parámetro se ajusta en "SI", de lo contrario se calcula la corriente mínima. En este caso se toma la potencia mínima de cortocircuito de todos los equivalentes de red, se desprecian las máquinas asincrónicas y se toman las resistencias de las líneas por el aumento en la temperatura.

Potencia de Cortocircuito Inicial Sk"

La potencia de cortocircuito inicial se calcula dependiendo del tipo de falla:

Falla simétrica: $Sk'' = \sqrt{3} \cdot Vn \cdot \left| Ik'' \right|$

Falla asimétrica y especial: $Sk'' = Vn \cdot \left| Ik'' \right| / \sqrt{3}$

Vn es el voltaje nominal del sistema.

Corriente de Cortocircuito Ip

La corriente pico Ip es el mayor valor instantáneo posible de la corriente de cortocircuito y depende de la relación R/X. Esta se puede calcular de acuerdo a la norma IEC, de la siguiente manera:

$$ip = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot Ik''$$

donde kappa = $1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot R/X}$.

Para calcular la relación R/X se utiliza el método de la frecuencia equivalente, lo que significa que se debe utilizar la siguiente expresión $R/X=R_C/X_C \cdot (f_C/f)$. R_C y X_C son la resistencia y reactancia equivalente en el punto de falla a la frecuencia equivalente f_C. $Z_C=R_C+j \cdot 2 \cdot Pi \cdot f_C \cdot L_C$ es la impedancia vista desde el punto de falla si se aplica una fuente de voltaje equivalente como el único voltaje activo a la frecuencia f_C=20Hz (para frecuencia del sistema f=50Hz) o f_C=24Hz (para frecuencia del sistema f=60Hz).

Para calcular las corrientes en las ramas se debe utilizar la relación R/X de las ramas o del punto de falla, dependiendo de la entrada de los parámetros de cálculo.

Cuando se calculan fallas especiales (ej. doble falla a tierra), el factor kappa se calcula de la misma manera que para el cortocircuito trifásico simétrico, y si se involucran varios nodos de falla, se toma el valor más grande de kappa.

Corriente de Interrupción de Cortocircuito Ib

La corriente de interrupción Ib para las máquinas sincrónicas se calcula como:

$$Ib = \mu \cdot Ik''$$

El factor μ (mue) se calcula de acuerdo a la norma IEC y es una función de la relación Ik"/IrG y de la temporización mínima $t_{mín}$ de los interruptores (Ik": corriente de cortocircuito inicial; IrG: corriente nominal). La temporización mínima es un valor de entrada y se puede introducir en la caja de dialogo de los parámetros de cálculo.

Para motores, la corriente de interrupción Ib es

$$Ib = \mu \cdot q \cdot Ik''$$

El factor μ se puede calcular de forma análoga a la anterior. El factor q es una función de la relación m=P/p (P: potencia activa nominal; p: número de pares de polos) y de la temporización mínima de los interruptores.

Dependiendo del tipo de red, la corriente de interrupción en el punto de falla se calcula como:

- CC en una Red Enmallada:

$$Ib = Ik'' - \frac{\sqrt{3}}{c \cdot Vn} \cdot \left(\sum_i \Delta VG_i'' \cdot \left(1 - \mu_i\right) \cdot IkG_i'' - \sum_j \Delta VM_j'' \cdot \left(1 - \mu_j \cdot q_j\right) \cdot IkM_j'' \right)$$

donde

c·Vn/√3:	Fuente equivalente de voltaje en el punto de falla
Ik":	Corriente inicial de cortocircuito
$\Delta VG''_i$, $\Delta VM''_j$:	Diferencias en el voltaje inicial en el punto de conexión de la máquina sincrónica i y de la máquina asincrónica j
IkG''_i, IkM''_j:	Corriente de cortocircuito inicial de la máquina sincrónica i y de la máquina asincrónica j

- CC Alimentado desde Fuentes No Enmalladas:

$$Ib = \sum_i Ib_i$$

Ib_i representa la corriente de interrupción del elemento activo i, el cual está conectado al nodo bajo falla.

- CC con Alimentación Simple:

$$Ib = Ib_i$$

Ib_i representa la corriente de interrupción del elemento activo i, el cual está conectado al nodo bajo falla.

Cuando se calculan fallas especiales o asimétricas, se considera Ib = Ik".

Comentario: El programa determina el tipo de red.

Corriente de Estado Estacionario Ik

La corriente de estado estacionario se calcula dependiendo del tipo de red:

- CC en una red enmallada:
  Ik en el nodo bajo falla: $Ik = Ik"_{OM}$,
  $Ik"_{OM}$ es la corriente de cortocircuito incial sin considerar la contribución de los motores
- CC alimentada desde fuentes no enmalladas:
  Ik en el nodo bajo falla: $Ik = \sum_i Ik_i$,
  Ik_i es la corriente de estado estable del elemento i conectado al nodo bajo falla.
- CC con alimentación simple:
  Ik en el nodo bajo falla: $Ik = Ik_i$
  Ik_i es la corriente de estado estable del elemento i conectado al nodo bajo falla.

Cuando se calculan fallas especiales y asimétricas, se toma Ib = Ik".

La corriente de estado estable de una máquina sincrónica, Ik, para una red con alimentación simple, se calcula como:

$$Ik = \lambda \cdot IrG$$

El factor lamda es una función de $Xd_{saturada}$, Vfmáx/Vfr, Ik"/IrG y del tipo de máquina (de polos salientes o turbo). Estos parámetros son valores de entrada excepto la corriente de cc inicial Ik" (ver "Datos de Máquinas Sincrónicas" en el capítulo "Modelos y Datos de Entrada de los Elementos"). IrG es la corriente nominal de la máquina. Se puede calcular un factor λ mínimo o máximo. Dependiendo de la entrada en el campo "Ik"máximo" de la caja de diálogo parámetros

de cálculo, se calculan la corriente de cortocircuito mínima o máxima inicial y la corriente de estado estacionario.

Para los cálculos de la corriente de estado estable inicial, los generadores de excitación compuesta se tratan de forma diferente.

Corriente de Cortocircuito Térmica Ith

La corriente de cortocircuito térmica se calcula como:

$$Ith = Ik'' \cdot \sqrt{m+n}$$

El factor m toma en cuenta la influencia térmica de la componente no periódica de la corriente de cortocircuito, y el factor n la influencia térmica de la componente alterna de la corriente de cortocircuito. El factor m es una función de kappa y de la duración de la corriente de cortocircuito Tks. El factor n es una función de la relación Ik"/Ik, el factor kappa y de la duración de la corriente de cortocircuito (ver “parámetros de cálculo” campo de entrada "Tcorto Ith").

Componente DC de la Corriente de Cortocircuito iDC

La componente D.C. de la potencia de cortocircuito se calcula como:

$$i_{DC} = \sqrt{2} \cdot Ik'' \cdot e^{-2\pi f \cdot t \cdot R/X}$$

donde f es la frecuencia, t es la duración del cortocircuito y R/X es la relación entre la parte real y la imaginaria de la impedancia. La relación R/X se calcula de acuerdo al método de frecuencia equivalente (ver arriba, cálculo de la corriente de pico Ip). La duración del cortocircuito t es un valor de entrada, campo de entrada "Tcorto iDC" (ver “parámetros de cálculo”).

Cuando se calculan fallas especiales (p.e. doble falla a tierra), el factor R/X se calcula de la misma forma que para cortocircuitos trifásicos simétricos, y si están involucrados varios nodos en la falla, se toma el menor valor de R/X.

Corriente de Interrupción Asimétrica Iasi

La corriente de interrupción asimétrica se calcula como:

$$I_{asi} = \sqrt{Ib^2 + {i_{DC}}^2}$$

donde: Ib es la corriente de interrupción e iDC la componente D.C. de la corriente de cortocircuito.

Corrientes ANSI/IEEE

De acuerdo a la norma ANSI/IEEE, las corrientes se calculan con el fin de seleccionar interruptores. Hay tres corrientes diferentes:

- Corriente simétrica de 0.5 ciclos Ik"
- Corriente asimétrica de 0.5 ciclos Iasi
- Corriente simétrica de interrupción de x ciclos Ia (x: valor de entrada, p.e. 3, 4, 5, 8)
- Corriente de estado estacionario Ik (30 ciclos)

Para los tres tiempos (0.5, x, 30 ciclos) se debe construir una red separada. Todos los voltajes de falla se presentan para la red de 0.5 ciclos.

Corriente Simétrica de 0.5 Ciclos

La corriente se calcula como se indica a continuación (cc trifásico):

$$Ik_1'' = \frac{E_{oper}}{Zk_1}$$

La impedancia en el punto de ubicación de la falla Zk_1 se puede hallar a partir de la matriz compleja Y del sistema de secuencia positiva. La matriz Y es diferente a la utilizada en la norma IEC909.

Corriente Asimétrica de 0.5 Ciclos

La corriente se calcula como se indica a continuación (cc trifásico):

$$Iasi_1'' = \frac{E_{oper}}{Zk_1} * \sqrt{1.0 + 2 \cdot e^{-4 \cdot \pi \cdot f \cdot t \cdot R/X}} = \frac{E_{oper}}{Zk_1} * \sqrt{1.0 + 2 \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot R/X}}$$

La impedancia en el punto de ubicación de la falla, Zk_1, se puede hallar a partir de la matriz compleja **Y** del sistema de secuencia positiva, en forma similar a Ik". La relación X/R también se puede hallar de la matriz **Y**. f es la frecuencia de la red, t = 0.5 / f, el tiempo.

Corriente de Interrupción Simétrica (Corriente de x Ciclos)

La corriente se calcula como se indica a continuación (cc trifásico):

$$Ia = f_{CC} \bullet \frac{E_{oper}}{Zki_1}$$

La impedancia en el punto de ubicación de la falla, Zk_1, se puede hallar a partir de la matriz compleja **Y** del sistema de secuencia positiva, la cual es diferente a la utilizada para el cálculo de Ik". El factor f_{CC} se puede calcular con la ayuda de X/R y de la relación Zki_1/R, del tipo de red (generador cercano o lejano) y del tipo de cortocircuito (falla simétrica o asimétrica). El valor de la resistencia R se halla a partir de una matriz **Y** aparte que contiene solamente la parte resistiva de la red. El valor de f_{CC} se puede hallar de las figuras 8, 9 y 10 de la norma ANSI C37.010-1979. El programa también presenta el valor E/Z como:

$$Ia = \frac{E_{oper}}{Zki_1}$$

Corriente Simétrica de Estado Estacionario (30 ciclos)

La corriente se calcula como se indica a continuación (cc trifásico):

$$Ik = \frac{E_{oper}}{Zkk_1}$$

La impedancia en el punto de ubicación de la falla, Zk_1, se puede hallar a partir de la matriz compleja **Y** del sistema de secuencia positiva, la cual es diferente a la utilizada para el cálculo de Ik" e Ia.

Norma ANSI C37.013

En esta norma, el cálculo de cortocircuito se lleva a cabo considerando los generadores en la red con sus corrientes. Estas corrientes se calculan mediante las siguientes fórmulas:

Corriente de cortocircuito simétrica de la fuente de generación

$$I_{fuente\_gen\_sim\_rms} = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot V}\left[\left(\frac{1}{X''_d}-\frac{1}{X'_d}\right)e^{-t/T''_d}+\left(\frac{1}{X'_d}-\frac{1}{X_d}\right)e^{-t/T'_d}+\frac{1}{X_d}\right]$$

Corriente de cortocircuito asimétrica de la fuente de generación

$$I_{fuente\_gen\_asim} = \frac{P\cdot\sqrt{2}}{V\cdot\sqrt{3}}\left\{\left[\left(\frac{1}{X''_d}-\frac{1}{X'_d}\right)e^{-t/T''_d}+\left(\frac{1}{X'_d}-\frac{1}{X_d}\right)e^{-t/T'_d}+\frac{1}{X_d}\right]\cdot\cos\omega t-\frac{1}{X''_d}e^{-t/T_a}\right\}$$

donde P es potencia nominal, V es máximo voltaje nominal y X_d son los valores de reactancia del generador en p.u.

Norma IEC61363-1

Esta norma describe la manera de calcular las corrientes de corto circuito en instalaciones de barcos y unidades mobiles. Las siguientes corrientes son calculadas:

- Corriente de corto circuito Ik"($t=t_D$) en el tiempo predifinido t_D
- Potencia de corto circuito Sk"($t=t_D$) en el tiempo predifinido t_D
- Componente IDC de la corriente de cortocircuito ($t= t_D$) en el tiempo predifinido t_D
- Corriente pico de corto circuito Ip(t=T/2) en el primer medio ciclo (T/2)
- Corriente de estado estable Ik(t=30T) después de 30 ciclos

El tiempo t_D es un valor de entrada. El ciclo T es calculado como $T = 1.0/f_0$ (f_0: frecuencia nominal del sistema).

Se asume que la red a ser calculada no esta enmallada. El tipo de falla siempre sera simetrica (falla trifásica). En la norma se encuentran las formulas para determinar las corrientes de corto circuito para motores y generadores.

Las corrientes de corto circuito localizadas en una falla son calculadas superponiendo las corrientes de corto circuito de cada motor y generador. La condición de precarga (Voltajes y corrientes internas de operación subtransitorias) puede ser tomada desde los valores nominales de los elementos activos o desde resultados previos del cálculo de flujo de carga. Las condiciones de precarga también pueden ser despreciadas.

Cuando se desprecia el decaimiento de la corriente de corto circuito, solamente se empleara la reactancia subtransitoria. El significado de despreciar el tiempo de decaimiento de la corriente de corto circuito se da en las normas.

Después del corto circuito NO se calculan los Voltajes de nodo!

Norma IEC61660-1

Esta norma describe la manera de calcular las corrientes de corto circuito en instalaciones auxiliares DC en plantas y subestaciones de potencia. Las siguientes corrientes son calculadas:

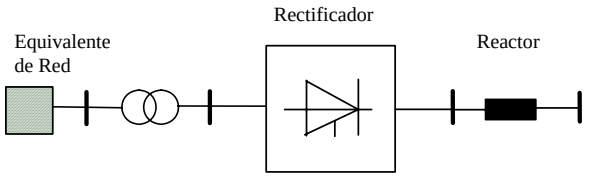
- Corriente de corto circuito Ik"($t=t_D$) en el tiempo predifinido t_D
- Corriente de corto circuito Pico Ip
- Corriente de estado estable Ik

El tiempo t_D es un valor de entrada.

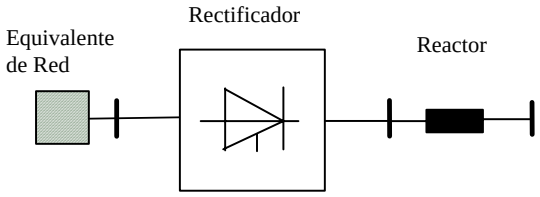
Se asume que la red a ser calculada no esta enmallada. Elementos y líneas en paralelo no se consideran. En el caso de líneas paralelo, solamente una línea debe ser representada. Se puede definir en el parámetro “Número de Líneas”, en el dialogo de entrada de Línea, cualquier número de líneas en paralelo. Los dispositivos que son tenidos en cuenta son:

- Rectificador (NEPLAN Convertidor)
- Batería (NEPLAN Fuente de Voltaje DC)
- Capacitor (NEPLAN Paralelo DC)
- Motor DC (NEPLAN Motor DC)

La parte AC de la red ubicada antes del rectificador, debe ser representada por un equivalente de red con un transformador.



O solo con el equivalente de red:



En el Convertidor se ingresan la resistencia y la reactancia de conmutación. El reactor o reactor de suavizado puede ser representado por un reactor DC.

Las formulas para el cálculo de la corriente de corto circuito para los anteriores elementos están dadas en los documentos de norma.

Las corrientes de corto circuito localizadas en una falla son calculadas superponiendo las corrientes de corto circuito de cada fuente individual. Si hay un corto circuito en una rama común, la corriente de cada fuente individual de corriente es corregida empleando un factor el cual es explicado en la documentación de norma.

Después del corto circuito NO se calculan los Voltajes de nodo!

Cálculo en Redes Parciales (CC)

En el caso de grandes redes que estén conformadas por varias redes parciales, es posible seleccionar la(s) red(es) parcial(es) para la(s) cual(es) se realizará el cálculo. Una red parcial es una red que no está conectada a otra, debido p.e, a líneas abiertas. El programa muestra todas las redes parciales en una lista, y el usuario puede seleccionar la(s) red(es) parcial(es) para la(s) cual(es) se realizará el cálculo. Hacer los cálculos con solamente una parte de la red completa tiene la ventaja de ahorrar tiempo de computación y cálculo.

Cálculo de Arco Eléctrico

El cálculo del Arco Eléctrico se realiza después que se ha hecho el análisis de Corto Circuito. Los siguientes parámetros están disponibles en la pestaña de "Cálculo de Arco Eléctrico":

Cálculo de Arco Eléctrico	Si se marca activa la opción del cálculo del Arco Eléctrico después que se han hecho los cálculos de corto circuito.
Norma	Los siguientes métodos de cálculo están disponibles: **- IEEE 1584 - 2002** **- NFPA 70E - 2004** Ambas normas pueden ser aplicadas para todos los métodos de cálculo de corto circuito(IEC, ANSI, superposición)
Tierra	Indica el tipo de malla de tierra: - Sistema de puesta a tierra aislado y de alta resistencia - Sistema aterrizado
Energía Inc. A la dist. Del límite de prot. De arco.	Energía Incidente a la distancia del límite de protección del arco eléctrico en Cal/cm^2 o J/cm^2.
Porcentaje de reducción de corriente	Porcentaje de reducción de corriente de corto circuito.
Tiempo de clarificación de falla	Valor por defecto del tiempo de clarificación de falla o tiempo de arco (en seg.) si no hay dispositivos de protección definidos en la red. Normalmente el tiempo de clarificación de falla debe ser calculado teniendo en cuenta las características de los fusibles, interruptores y relés.
Tiempo de	Define el tiempo de apertura de los interruptores en ciclos.

apertura del interruptor	
Distancia de trabajo mínima	Mínima distancia de trabajo medida en pulgadas o milímetros desde los electrodos de arqueo.
Incremento de la distancia de trabajo	Incremento de la distancia de trabajo en pulgadas o milímetros.
Distancia de trabajo máxima	Máxima distancia de trabajo medida en pulgadas o milímetros desde los electrodos de arqueo.
Unidades de distancia (salida de datos)	Unidades para la distancia (pulgadas o milímetros) en los datos de salida
Unidades de energía (salida de datos)	Unidades para la energía(Cal/cm^2 or J/cm^2) en los datos de salida
equipamiento	En el cuadro de dialogo de localización de cortocircuito existe un campo de entrada que permite definir el equipamiento. Este campo de entrada solo es disponible si esta activa la opción de “Cálculo de Arco Eléctrico”

Resultados de Arco Eléctrico

El Cálculo de Arco Eléctrico solo es desarrollado para fallas trifásicas. Los resultados solo se muestran en el sitio de falla teniendo una distancia de falla igual a cero, significando esto que todas las ramas aportaran a la falla. Los resultados son mostrados en los cuadros de diagrama (activando la opción en Propiedades de Diagrama) y en las tablas de resultados (Ver Resultados de Corto Circuito).

Los resultados son:

Ik”	Corriente inicial de corto circuito Ik”.
Ia	Corriente de falla de arco.
DB	Protección de límite de arco.
E	Energía incidente en la distancia mostrada
Categoría	Categoría del riego de PPE en la distancia mostrada
Arc Time	Tiempo de Arco (duración del corto circuito) en s.

Cálculo del Tiempo de Arco

El programa chequea todas la ramas que pueden alimentar el punto de falla si se ha definido dispositivos de protección. De esta manera se determina el tiempo máximo de disparo de todos los dispositivos en la ramas. Ramas con cargas tipo motor no se consideran.

Si se determina el máximo tiempo de disparo t_{trip} , el programa chequea el tipo de dispositivo de disparo. Para:

- Fusibles: $t_{Arc} = t_{trip}$
- Interruptores, relés: $t_{Arc} = t_{trip} + t_{CBApertura}$

$t_{CBApertura}$: Tiempo de apertura del interruptor (valor de entrada)

Si no se han definido dispositivos de protección en las ramas las cuales pueden alimentar la falla, el tiempo del arco se convierte en un dato de entrada (ver parámetros de arco eléctrico).